



# **TRABALHO FINAL**

## **MESTRADO INTEGRADO EM MEDICINA**

---

Clínica Universitária de Otorrinolaringologia

### **Fisiologia nasal e o exercício físico**

Daniano Vasconcelos Caires

---

**ABRIL'2018**



# **TRABALHO FINAL**

## **MESTRADO INTEGRADO EM MEDICINA**

---

Clínica Universitária de Otorrinolaringologia

### **Fisiologia nasal e o exercício físico**

Daniano Vasconcelos Caires

**Orientado por:**

Dr. Marco António Alveirinho Cabrita Simão

---

**ABRIL'2018**

## Resumo

Respirar é algo instintivo e automático que damos como garantido no dia-a-dia, pelo que muitas vezes não nos apercebemos do papel importante que o nariz desempenha, sendo este negligenciado pela grande maioria dos indivíduos. Em repouso, cerca de 80 % dos indivíduos saudáveis respiram exclusivamente e de maneira silenciosa pelo nariz, sendo o nariz o principal ponto de entrada e o primeiro contacto com o ar inspirado. No entanto, durante o exercício físico a respiração nasal pode ser complementada pela respiração oral.

O presente trabalho apresenta uma revisão da anatomia e fisiologia do nariz, das suas principais funções e ainda o papel do nariz durante e após o exercício físico. Exploram-se também a respiração nasal e oral e as suas repercussões durante a prática de exercício físico com diferentes intensidades.

Palavras-Chave: nariz, exercício físico, fisiologia, funções.

## Abstract

Breathing is intuitive and automatic, which daily, we take so much for granted, that most times we don't realize how important the role of the nose is, that it's neglected by most individuals. While at rest, about 80% of healthy individuals breathe exclusively and in a silent manner through the nose, being the nose the most important entry point and where there is the first contact with inhaled air. And yet during physical exercise, nasal breathing may be complemented by mouth breathing.

This work provides a revision of the anatomy and physiology of the nose, its main functions and still its role during and after physical exercising. Also exploring nasal and mouth breathing and its repercussions during physical exercising with different intensities.

Key-words: nose, physical exercise, physiology, functions.

O Trabalho Final exprime a opinião do autor e não da FML.

## Índice

Introdução .....	6
Anatomia do Nariz.....	8
Ciclo Nasal .....	10
Funções e benefícios da respiração nasal .....	11
Nariz no exercício físico.....	17
Exercício físico de intensidades submáximas e os valores respiratórios .....	18
Exercício físico de intensidade máxima e os valores respiratórios .....	19
Exercício físico e o óxido nítrico.....	20
Exercício físico e a resistência nasal .....	20
Exercício físico e o sistema imunitário .....	21
Recuperação pós-treino .....	21
Conclusão .....	23
Agradecimentos.....	25
Bibliografia.....	26

## Introdução

No presente trabalho intitulado “Fisiologia nasal e o exercício físico” irei abordar a temática do nariz e ainda a relação deste com o exercício físico.

O nariz faz parte da constituição das vias aéreas superiores<sup>(3)</sup>.

Nos indivíduos saudáveis, o nariz, em detrimento da boca <sup>(36)</sup>, é o principal ponto de entrada de ar nas vias aéreas<sup>(51)(48)</sup>, conduzindo o ar até às vias aéreas inferiores<sup>(39)</sup>, sendo o primeiro ponto de contacto com o ar inspirado<sup>(3)</sup>.

As vias aéreas superiores para além de desempenharem um papel importante na condução do ar inspirado e expirado, influenciam também as características do fluxo de ar através das estruturas anatómicas e das propriedades funcionais da mucosa, cartilagens, vasos sanguíneos, linfáticos e nervos<sup>(39)</sup>. As vias aéreas superiores proporcionam ainda proteção das vias aéreas inferiores<sup>(39)</sup>, sendo a primeira linha de defesa dos pulmões<sup>(12)(36)</sup>.

Durante o exercício físico ocorrem um conjunto de adaptações fisiológicas das vias aéreas<sup>(32)</sup>.

Segundo Caspersen *et al.* (1985), citado por Madaleno (2017, p7), a atividade física corresponde a qualquer movimento do corpo produzido pelos músculos esqueléticos que resultam em gasto de energia. A atividade física na vida quotidiana pode ser categorizada em atividades domésticas, ocupacionais e desporto. No que diz respeito ao exercício físico, este é uma subdivisão da atividade física, acrescentando o fato de ser planeado, repetitivo e estruturado com o intuito de melhorar ou manter a condição física<sup>(5)(28)</sup>.

Durante o exercício físico há transformação de energia química em energia mecânica no músculo, existindo uma tendência para a alteração do estado homeostático do organismo. No entanto, o organismo adaptado é capaz de manter uma relativa estabilidade do seu meio interno, possibilitando a continuação da atividade fisiológica dos diferentes tecidos, órgãos e sistemas. Desta forma, o exercício físico urge um conjunto de ajustamento fisiológicos que contribuem para a manutenção da homeostase e fornecimento de energia ao tecido muscular<sup>(32)</sup>.

Uma das adaptações fisiológicas ao exercício físico é o aumento da ventilação pulmonar. Este aumento é obtido quer à custa do volume corrente quer da frequência respiratória<sup>(32)(7)(12)</sup>.

Em repouso, a ventilação pulmonar normal é de 4 a 6 litros/min. Durante o esforço máximo existe um aumento da ventilação pulmonar para valores superiores a 150 litros/min<sup>(32)</sup>. Segundo Coimbra *et al.* (2014) a ventilação normal em repouso é de 7-9 litros/min, atingindo os 140-180 litros/min aquando da prática desportiva intensa<sup>(7)</sup>.

Este aumento da ventilação pulmonar surge na sequência do aumento da necessidade de transporte de oxigénio ao músculo e eliminação de maiores quantidades de dióxido de carbono consequentes do metabolismo do esforço<sup>(32)</sup>.

Apesar das várias adaptações fisiológicas face ao exercício físico, é fundamental uma boa permeabilidade das vias aéreas superiores à passagem do ar<sup>(28)</sup>.

## Anatomia do Nariz

O nariz externo possui a forma de uma pirâmide e é constituído pelos ossos nasais e por cartilagem. Ao nariz estão associados os seguintes músculos: o musculo nasal, constituído pela parte transversal e pela parte alar, o prócero e o músculo depressor do septo nasal. Este pequeno grupo de músculos permite a dilatação das narinas e diminuição da resistência nasal, contribuindo para o correto funcionamento do nariz<sup>(10)(43)</sup>.

O nariz é constituído no seu interior pelas fossas nasais ou cavidades nasais, encontrando-se separadas pelo septo nasal<sup>(10)(2)(12)</sup>. Nas cavidades nasais drenam os seios paranasais<sup>(10)</sup>.

Fazem parte da constituição das cavidades nasais o osso frontal, etmoide, esfenoide, vómer, maxilar superior, palatino, osso lacrimal, osso nasal e o corneto inferior<sup>(10)</sup>.

A cavidade nasal comunica anteriormente com o ambiente exterior através das narinas, e posteriormente com a nasofaringe através das coanas<sup>(10)(2)(7)</sup>.

A cavidade nasal está, ainda, revestida por mucosa<sup>(2)</sup> e pode ser dividida em várias partes: parte olfativa, vestíbulo nasal e parte respiratória<sup>(2)(10)</sup>.

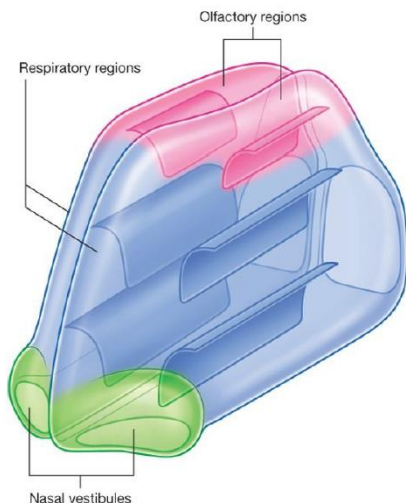


Figura 1- Partes constituintes das cavidades nasais. Adaptado de: Drake R., Vogl A., Mitchell A. (2009). *Grays Anatomy for Students*. 2ª Edição, Churchill Livingstone-ELSEVIER. Philadelphia



A parte olfativa é uma pequena parte localizada superiormente na cavidade nasal, sendo revestida por epitélio e recetores olfativos<sup>(10)</sup>.

O vestíbulo nasal corresponde á área dilatada na abertura das narinas, sendo revestida por epitélio pavimentoso estratificado e folículos pilosos<sup>(10)(43)</sup>.

No que diz respeito à parte respiratória, esta encontra-se posteriormente ao vestíbulo nasal e corresponde à maior parte da cavidade nasal. Possui uma ampla e importante neurovascularização. Esta parte é revestida por epitélio pseudoestratificado colunar ciliado, contendo inúmeras células caliciformes secretoras de muco<sup>(10)(12)</sup>, sendo histologicamente semelhante ao epitélio das vias aéreas inferiores<sup>(7)</sup>.

A parte respiratória contém os cornetos nasais, normalmente em número de três: superior, médio e inferior. São projeções ósseas da parede nasal lateral com concavidade inferior e dividem a cavidade nasal em quatro meatos nasais por onde passa a coluna de ar<sup>(43)(10)(12)</sup>. Os cornetos nasais assim como o septo nasal são funcionalmente importantes uma vez que são os principais responsáveis pelo aumento da área de superfície total da mucosa<sup>(43)</sup>, possibilitando uma maior superfície de contacto com a coluna de ar<sup>(7)(13)</sup>.

Na transição entre o vestíbulo nasal e a parte respiratória existe um estreitamento da cavidade nasal que corresponde à válvula nasal<sup>(12)(43)(20)(11)</sup>, encontrando-se imediatamente anterior à porção anterior do corneto nasal inferior<sup>(11)(20)</sup>.

A resistência ao fluxo de ar nas vias aéreas nasais deve-se em grande parte ao vestíbulo nasal, à válvula nasal e à passagem turbulenta do ar pelos cornetos nasais, principalmente pelo corneto inferior<sup>(11)</sup>. A válvula nasal, isoladamente, é capaz de gerar uma resistência ao fluxo de ar inspirado na ordem dos 50 a 75%<sup>(43)</sup>. No entanto, através dos músculos dilatadores das narinas, a área de secção transversal da válvula nasal pode ser aumentada, resultando numa diminuição da resistência nasal e num aumento do fluxo de ar<sup>(43)</sup>.

## Ciclo Nasal

O nariz possui um fluxo de ar assimétrico, com o fluxo de ar dominante a alternar de uma fossa nasal para outra ao longo do dia. Esta alteração rítmica e dinâmica do fluxo de ar é denominada de ciclo nasal<sup>(40)(3)</sup>.

O ciclo nasal deve-se à existência na mucosa nasal de vasos sanguíneos capacitantes, incluindo grandes sinusoides venosos<sup>(2)(11)(40)(39)(51)(3)(13)</sup> que formam tecidos cavernosos<sup>(12)</sup> e que podem sofrer congestão e originar um aumento de volume da mucosa, alterando e regulando a resistência ao fluxo nasal do ar<sup>(2)(11)(40)(39)(51)(3)(13)</sup>.

A fossa nasal que apresenta menor resistência ao fluxo de ar denomina-se via patente, ao passo que a outra fossa nasal que oferece maior resistência designa-se de congestionada<sup>(51)</sup>.

Esta regulação da resistência ao fluxo nasal é feita por estímulos parassimpáticos que estimulam a congestão e por estímulos simpáticos que levam à vasoconstrição dos vasos sanguíneos, diminuindo a resistência ao fluxo nasal de ar<sup>(40)(43)(11)</sup>.

No entanto, o ciclo nasal passa despercebido já que a resistência total ao fluxo nasal permanece inalterada<sup>(51)(43)(39)</sup>.

Desta forma, as cavidades nasais são duas estruturas distintas e relativamente independentes com respetiva vascularização e inervação<sup>(11)</sup>.

Em suma, a resistência ao fluxo nasal de ar deve-se essencialmente a três componentes: o vestíbulo nasal, a válvula nasal e a congestão/vasoconstrição da mucosa dos cornetos nasais<sup>(51)(43)</sup>.

## Funções e benefícios da respiração nasal

Em indivíduos saudáveis, a respiração nasal requer um maior esforço comparativamente com a respiração oral. No entanto este esforço extra é compensado pela funcionalidade e benefícios da respiração nasal<sup>(36)</sup>.

Para além do olfato, o nariz desempenha outras funções, que acondicionam e preparam o ar para serem conduzidos em condições ideais até aos pulmões<sup>(31)(20)(13)</sup>.

As principais funções do nariz são:

- Regulação e acondicionamento do fluxo de ar

- ◆ Regulação do fluxo de ar

A regulação do fluxo de ar é feita pelo ciclo nasal supramencionado e pelas estruturas das cavidades nasais que direcionam, fracionam e modificam a velocidade e o padrão do fluxo de ar<sup>(40)(3)(12)(42)</sup>.

Durante a inspiração, o fluxo de ar laminado entra pelas narinas e passa pelo vestíbulo nasal a uma velocidade de aproximadamente 2 a 3 m/s, atingindo velocidades máximas na ordem dos 18 m/s próximo da válvula nasal. Posteriormente à válvula nasal, devido ao estreitamento da via aérea, o padrão do fluxo de ar torna-se turbulento e mais lento<sup>(20)(49)(36)(43)(3)</sup>.

Este fluxo de ar lento e turbulento permite prolongar e intensificar o contacto do ar com a mucosa nasal<sup>(20)</sup>.

Durante a expiração, a válvula nasal abranda a saída do fluxo de ar, possibilitando uma duração adequada de trocas gasosas ao nível alveolar<sup>(43)(20)</sup>, resultando numa absorção de oxigénio adicional de 10-20% comparativamente com a respiração oral<sup>(42)</sup>.

◆ Acondicionamento do fluxo de ar

O acondicionamento do ar corresponde a um processo dinâmico de climatização que é responsável pelo controlo da humidade e da temperatura do ar nas vias aéreas<sup>(12)(20)</sup>.

No acondicionamento do ar intervém não só o ciclo nasal, mas também os vasos sanguíneos da mucosa e as secreções de muco que desempenham um papel fundamental na transferência de calor e humidade<sup>(12)(51)(39)</sup>.

Para que se verifique a transferência de calor e humidade entre a mucosa nasal e o ar é necessário a existência de um gradiente de temperatura durante a inspiração e a expiração<sup>(12)(20)(13)(21)</sup>. O acondicionamento do ar depende ainda do padrão de fluxo do ar, sendo que o fluxo de ar turbulento e lento maximiza e prolonga o contacto entre o ar e a mucosa nasal, acondicionando o ar de forma mais eficaz e intensa. Por sua vez, nas zonas de fluxo de ar laminar e com maior velocidade, o acondicionamento do ar é menos pronunciado<sup>(3)(39)(43)(20)(12)</sup>. A capacidade de acondicionamento do ar é inversamente proporcional à velocidade do fluxo de ar<sup>(13)</sup>.

A temperatura da mucosa nasal varia consoante a localização e o período do ciclo respiratório. A temperatura média da mucosa nasal oscila entre os 30.2 °C no final da inspiração e os 34.4 °C no final da expiração<sup>(12)(20)(43)</sup>.

Durante a inspiração, as paredes quentes da mucosa nasal aquecem o ar inspirado. Keck *et al.* (2000, 2011) averiguaram que durante a inspiração, o ar a uma temperatura ambiente de 25° C é aquecido de forma mais pronunciada e intensa ao nível da válvula nasal e ao nível da zona anterior do corneto nasal médio registando-se respetivamente 29.8°C e 32.3°C. Por sua vez a temperatura registada na nasofaringe era de 33.9°C<sup>(21)(20)</sup>.

No que diz respeito à humidade do ar, durante a inspiração esta aumenta de forma mais pronunciada e intensa ao nível da válvula nasal e

atinge os 90% de umidade relativa na nasofaringe aquando do final da inspiração<sup>(20)</sup>.

Durante a expiração, o fluxo de ar quente proveniente dos pulmões é responsável pelo aquecimento da mucosa nasal. A mucosa nasal extrai o calor e umidade do ar, diminuindo parcialmente a perda de calor e vapor de água para o meio exterior, permitindo ainda a correta hidratação da mucosa nasal<sup>(20)(12)(51)(3)(13)</sup>.

Assim, torna-se evidente a importância do padrão de fluxo do ar e da existência de um gradiente de temperatura entre a superfície da mucosa nasal e o fluxo de ar<sup>(20)</sup>.

## ■ Filtração do ar e proteção imunológica

### ◆ Filtração do ar

A filtração do ar e deposição de partículas ocorre durante a inspiração, mas também durante a expiração<sup>(43)</sup>.

A mucosa nasal está totalmente coberta por uma camada de muco de cerca de 10-15  $\mu\text{m}$  de espessura produzida pelas células caliciformes e pelas glândulas nasais<sup>(43)(3)</sup>. A parte respiratória da cavidade nasal está ainda coberta com células epiteliais ciliadas<sup>(10)(12)</sup>. As células epiteliais ciliadas em conjunto com o muco nasal são os principais responsáveis pela filtração e retenção de partículas<sup>(43)</sup>, sendo que 70% das partículas com diâmetros superiores a 1  $\mu\text{m}$  ficam retidas<sup>(39)</sup>. As partículas com diâmetros superiores da 4 $\mu\text{m}$  são todas retidas pelas cavidades nasais<sup>(3)</sup>.

O padrão de fluxo turbulento do ar também auxilia na deposição e retenção das partículas do ar<sup>(3)(20)</sup>.

Através do transporte muco-ciliar unidirecional as partículas retidas são maioritariamente transportadas posteriormente para a nasofaringe<sup>(39)(12)(3)(43)(7)</sup>, com a exceção das partículas retidas na porção anterior do corneto nasal inferior que são transportadas anteriormente<sup>(3)(43)</sup>.

#### ◆ Proteção imunológica

O muco nasal assim como as células epiteliais que revestem as cavidades nasais, para além de constituírem uma barreira física também providenciam proteção imunológica<sup>(23)(3)(43)</sup>.

A mucosa nasal é o primeiro local de contacto com os antígenos inalados pelo nariz<sup>(48)(23)</sup>.

Do epitélio da mucosa nasal fazem parte as células M, que são responsáveis pela incorporação dos antígenos, e as células dendríticas que transportam os antígenos incorporados pelas células M e apresentam-os aos linfócitos T CD4+. Quer as células do epitélio, quer as células M e dendríticas expressam moléculas “tight-junction”, que regulam a resposta imune aos antígenos e contribuem para a manutenção da integridade do epitélio<sup>(23)</sup>.

O muco nasal contém ainda imunoglobulinas e proteínas antimicrobianas que estão envolvidas na imunidade da mucosa nasal<sup>(48)</sup>.

A existência de óxido nítrico nas cavidades nasais, abordado mais adiante, contribui também para a proteção imunológica<sup>(27)</sup>.

A cavidade nasal é assim responsável pela filtração de partículas do ar e contribui também para a vigilância imunológica, constituindo a primeira linha de defesa das vias aéreas inferiores<sup>(12)(36)(20)(3)(48)(23)(12)(43)</sup>.

#### ■ Produção e libertação de óxido nítrico

Os seios paranasais produzem continuamente óxido nítrico (NO) que é libertado para as cavidades nasais, sendo depois transportado para as vias aéreas inferiores durante a inspiração nasal<sup>(26)(27)(42)</sup>. O óxido nítrico é um gás que possui propriedades vasodilatadoras, e uma vez nos pulmões, melhora a absorção de

oxigénio e reduz a resistência vascular pulmonar, funcionando como uma hormona ‘‘aerócrina’’<sup>(27)</sup>.

O óxido nítrico desempenha ainda um papel de proteção imunitária. Para além das propriedades vasodilatadoras já mencionadas, possui propriedades antifúngicas, antivirais e antibacterianas, inibindo diretamente o crescimento e desenvolvimento dos agentes patogénicos e estimulando a atividade mucociliar<sup>(42)(27)</sup>.

#### ■ Aumento dos níveis de oxigénio e dióxido de carbono no sangue

Em repouso, a respiração nasal face à respiração oral para além de aumentar a absorção de oxigénio por mecanismos já mencionados acima, aumenta também os níveis de dióxido de carbono no sangue. Este aumento do dióxido de carbono no sangue, pelo efeito de Bohr, irá contribuir para uma diminuição da afinidade entre a hemoglobina e o oxigénio resultando numa maior oxigenação dos tecidos<sup>(42)(6)</sup>.

#### ■ Solicitação e facilitação da respiração diafragmática

Durante a respiração nasal, em detrimento da respiração oral, existe uma maior solicitação do diafragma, traduzida pelo aumento da amplitude diafragmática<sup>(46)</sup>. Esta respiração diafragmática tem propriedades relaxantes e está na base de várias técnicas de meditação que visam a redução do stress<sup>(29)</sup>.

#### ■ Diminuição da hiperventilação

Em circunstâncias de stress, e em oposição à respiração oral, a respiração nasal permite uma diminuição significativa da hiperventilação, permitindo um maior controlo da respiração<sup>(41)(42)</sup>.

#### ■ Permite a correta postura da cabeça e pescoço

Os indivíduos respiradores orais, em oposição aos respiradores nasais, apresentam normalmente uma postura crânio-cervical deslocada anteriormente<sup>(46)</sup>.

Em indivíduos respiradores orais, o diâmetro da via aérea faríngea apresenta dimensões inferiores relativamente aos indivíduos respiradores nasais<sup>(1)</sup>.

Esta projeção anterior da cabeça nos indivíduos respiradores orais visa melhorar a função dos músculos respiratórios<sup>(37)</sup> e aumentar o diâmetro da via aérea faríngea<sup>(35)</sup>.

#### ■ Melhoria da saúde oral

Ao respirar pelo nariz, mantemos a boca encerrada e a língua pressionada contra o palato, auxiliando a correta formação do arco dentário<sup>(42)</sup>. Para além disso, a respiração nasal em detrimento da respiração oral, evita que a boca fique seca e com pouca saliva<sup>(42)</sup>. A presença de saliva reduz o risco de infeções devido às suas propriedades antimicrobianas<sup>(42)(47)</sup>.

#### ■ Melhoria do sono

A respiração nasal durante o sono diminui significativamente a resistência aérea das vias aéreas superiores relativamente à respiração oral, diminuindo o ressonar e a propensão para a síndrome de apneia obstrutiva do sono<sup>(42)(14)</sup>.

O nariz apresenta assim inúmeras funções. Segundo Maurice Cottle, fundador da sociedade americana de rinologia, o nariz desempenha pelo menos 30 funcionalidades<sup>(45)</sup>.



## Nariz no exercício físico

Indivíduos normais, em repouso, respiram aproximadamente 10.000 a 15.000 litros de ar por dia <sup>(20)</sup>. Durante o esforço físico máximo os valores da ventilação pulmonar podem atingir valores superiores a 150 l/min. <sup>(32)</sup>. Este aumento é feito à custa do aumento da frequência respiratória e aumento do volume corrente <sup>(32)(7)(12)</sup>.

Cerca de 80 % dos indivíduos saudáveis em repouso respiram exclusivamente e de maneira silenciosa pelo nariz <sup>(6)(50)</sup>.

O nariz é capaz de sustentar até 30-20 litros de ar por minuto. Em caso de necessidade de maiores volumes de ar, como por exemplo a prática de exercício físico, a respiração oral entra em ação para complementar a respiração nasal <sup>(43)</sup>, uma vez que a via da respiração oral apresenta maior diâmetro e reduzida resistência ao fluxo de ar <sup>(48)</sup>. No entanto o limiar de mudança da respiração nasal para a respiração oral durante o exercício físico depende das características do indivíduo, existindo uma grande variabilidade. Contribuem para esta variabilidade inter-individual os diferentes tamanhos das fossas nasais, sendo que o prolongamento da respiração nasal durante o exercício físico é tanto maior quanto maior forem as narinas e as fossas nasais <sup>(24)(25)(17)</sup>. A percepção do esforço e o aumento da sensação de esforço para respirar, assim como o aumento da ventilação pulmonar, da frequência respiratória e do volume corrente também contribuem para alternar para a respiração oral <sup>(6)(44)(18)</sup>.

Com o aumento da intensidade do exercício físico, da ventilação pulmonar, da frequência respiratória e do volume corrente, existe uma diminuição considerável de 10-15% da eficácia e capacidade de acondicionamento do fluxo de ar por parte do nariz <sup>(36)(12)</sup>. A perda de água pode chegar aos 42% durante a expiração oral comparativamente à expiração nasal <sup>(43)(13)</sup>.

Assim, a mudança para respiração oral limita as funcionalidades do nariz.

### Exercício físico de intensidades submáximas e os valores respiratórios

Ao compararmos a respiração oral com a respiração nasal durante intensidades de exercício submáximas, verificamos que apesar de pela respiração oral ser possível transportar uma maior quantidade de ar, a respiração nasal também apresenta uma série de funções e benefícios<sup>(24)(25)</sup>.

Durante o exercício físico a 50%, 60%, 65% e 80% do  $\text{VO}_2$  máx (consumo máximo de oxigénio), a respiração oral produz um maior consumo de oxigénio, maior ventilação, maior produção de dióxido de carbono e maior frequência respiratória quando comparado com a respiração nasal<sup>(17)(24)(25)</sup>. Já respiração nasal produz valores respiratórios menores (frequência respiratória, ventilação, consumo de oxigénio e produção de dióxido de carbono) para todas as intensidades submáximas de exercício<sup>(24)(25)</sup>.

Lacomb (2015, 2017) utilizou como medida de eficiência da ventilação os equivalentes de ventilação para o oxigénio ( $\text{Veq} \cdot \text{O}_2^{-1}$ ) e dióxido de carbono ( $\text{Veq} \cdot \text{CO}_2^{-1}$ )<sup>(24)(25)(22)</sup>.

Os equivalentes de ventilação para oxigénio ( $\text{Veq} \cdot \text{O}_2^{-1}$ ) e dióxido de carbono ( $\text{Veq} \cdot \text{CO}_2^{-1}$ ) foram significativamente maiores na respiração oral durante as intensidades moderadas (65% do  $\text{VO}_2$  máx) e moderadas-altas (80% do  $\text{VO}_2$  máx) comparativamente á respiração nasal. Estas diferenças tornaram-se mais acentuadas com o aumento da intensidade do exercício físico<sup>(24)(25)</sup>.

Segundo Lacomb (2015), durante exercício físico de intensidade de 80% do  $\text{VO}_2$  máx a respiração nasal reduziu significativamente os valores de  $\text{SaO}_2$  (saturação de oxigénio) comparativamente à respiração nasal.<sup>(24)</sup> No mesmo estudo não se verificou uma diferença significativa da frequência cardíaca entre a respiração nasal e a respiração oral durante o exercício físico de intensidades submáximas (50%, 65% e 80% do  $\text{VO}_2$  máx).<sup>(24)</sup>

Baseando-se exclusivamente nos valores dos equivalentes de ventilação para o oxigénio ( $\text{Veq} \cdot \text{O}_2^{-1}$ ) e dióxido de carbono ( $\text{Veq} \cdot \text{CO}_2^{-1}$ ) obtidos por Lacomb (2015, 2017), a respiração nasal seria mais eficiente durante o exercício com intensidades submáximas<sup>(24)(25)</sup>.

Segundo Hall (2005), para intensidades de exercício físico correspondentes a 60% da frequência cardíaca máxima estimada por idade, a respiração nasal demonstrou ser energeticamente mais eficiente do que a respiração oral na grande maioria dos indivíduos que participaram no estudo.<sup>(17)</sup>

No entanto tendo em conta todas as variáveis, é provável que a respiração oral seja mais eficiente, principalmente em exercícios de maior intensidade, onde a respiração oral providencia maiores volumes respiratórios e metabólicos<sup>(25)</sup>, possibilitando uma maior ventilação respiratória afim de satisfazer rapidamente as necessidades crescentes de consumo de oxigénio durante o exercício físico<sup>(41)(17)</sup>.

Com o treino e familiarização da respiração nasal, é possível aumentar a eficiência da respiração nasal durante o exercício físico de intensidades mais elevadas. Tome-se como exemplo significativo um estudo de caso de um atleta apresentado por Hostetter *et al.* (2016), onde um indivíduo, através de treino e um período de adaptação de 6 meses, adotou uma respiração exclusivamente nasal durante o exercício físico de elevada a máxima intensidade, apresentando um ligeiro aumento do VO<sub>2</sub>máx e um prolongamento do tempo até à exaustão comparativamente à respiração exclusivamente oral durante a mesma carga de exercício. Este estudo de caso demonstra que é possível adaptar uma respiração exclusivamente nasal sem prejudicarmos a performance<sup>(18)(25)</sup>.

Na mesma linha de pensamento Thomas *et al.* (2009) afirmam que a respiração nasal é possível a uma intensidade de 85% da intensidade máxima, sugerindo que os indivíduos são capazes de respirar pelo nariz durante intensidades de exercício mais elevadas do que aquelas que normalmente optam por fazer, refletindo o potencial do treino da respiração nasal mesmo em indivíduos saudáveis normais<sup>(44)</sup>.

### Exercício físico de intensidade máxima e os valores respiratórios

No que diz respeito ao exercício físico de intensidade máxima verificou-se uma diminuição da frequência respiratória, da ventilação, do consumo de oxigénio aquando da respiração nasal em detrimento da respiração oral<sup>(33)(25)(24)</sup>. Segundo Morton *et al.* (1995), os valores de ventilação máxima e de VO<sub>2</sub>máx diminuíram durante a respiração nasal comparativamente com a respiração oral<sup>(33)</sup>.

Morton *et al.* (1995) verificaram ainda que durante a respiração nasal é possível obter uma intensidade durante o exercício capaz de produzir um efeito de treino aeróbio (com base na frequência cardíaca e percentagem de  $\text{VO}_{2\text{máx}}$ )<sup>(33)</sup>.

Num outro estudo, durante exercício físico de máxima intensidade, Chinevere *et al.* (1999) constataram valores menores de ventilação, frequência respiratória,  $\text{Veq}\cdot\text{O}_2^{-1}$  e  $\text{Veq}\cdot\text{CO}_2^{-1}$  durante a respiração nasal comparativamente à respiração oral. Verificou-se ainda o aumento considerável da pressão de dióxido de carbono no final da expiração ( $\text{ETCO}_2$ ) durante a respiração nasal. A respiração nasal produziu, ainda, uma frequência cardíaca significativamente mais baixa do que a respiração oral<sup>(6)</sup>.

Os valores significativamente mais baixos de pressão de dióxido de carbono no final da expiração ( $\text{ETCO}_2$ ) em respiradores orais são indicativos de que a respiração oral é mais eficaz do que a respiração nasal durante o exercício físico de máxima intensidade<sup>(6)</sup>.

Já Recinto *et al.* (2017) constataram, durante o exercício físico anaeróbio de alta intensidade (Wingate Anaerobic Test), a ausência de diferenças entre a respiração nasal e a respiração oral em relação aos parâmetros de potência e performance. Assim, neste caso, o fator determinante do modo de respiração deverá ser a preferência do indivíduo<sup>(41)</sup>.

#### Exercício físico e o óxido nítrico

Durante o exercício físico de intensidades submáximas, a respiração nasal possibilita uma maior produção e libertação de óxido nítrico (NO) comparativamente à respiração oral<sup>(52)</sup>.

No entanto, durante o exercício físico de máxima intensidade verificou-se uma diminuição acentuada dos níveis de NO nas cavidades nasais durante a respiração nasal<sup>(26)</sup>.

#### Exercício físico e a resistência nasal

Durante o exercício físico verifica-se uma diminuição da resistência nasal e um aumento da permeabilidade nasal, sendo que a intensidade do exercício tem um papel mais preponderante do que a duração do mesmo<sup>(43)(38)(16)(15)</sup>. Estas mudanças permitem um aumento do volume aéreo nasal e devem-se ao aumento da concentração de dióxido de carbono no sangue, à vasoconstrição dos vasos da mucosa nasal mediado pelo sistema nervoso simpático, à redistribuição passiva do sangue para os músculos em exercício e à ação dos músculos dilatadores do nariz<sup>(43)(38)(8)(15)(30)</sup>.

#### Exercício físico e o sistema imunitário

Após a prática de exercício físico ocorrem alterações no sistema imunitário. Apesar do exercício físico moderado estimular o sistema imunitário, o exercício físico intenso pode levar a uma deficiência imunitária. O exercício físico intenso leva a uma diminuição da função fagocítica dos neutrófilos polimorfonucleares da via aérea superior assim como dos níveis de IgA na saliva e secreções nasais. Este facto associado muitas vezes ao ‘bypass nasal’ contribui para um possível aumento das infeções respiratórias nos atletas<sup>(34)(48)(7)</sup>.

#### Recuperação pós-treino

A respiração nasal solicita e facilita a respiração diafragmática<sup>(46)</sup>. Martarelli *et al.* (2011) constatarem que após a realização de exercício físico, a respiração diafragmática diminuía significativamente o stress oxidativo induzido pelo exercício físico, diminuindo os níveis de cortisol e aumentando os de melatonina. A respiração diafragmática mostrou ser benéfica durante a recuperação pós-treino, sugerindo a possibilidade de proteção a longo prazo dos efeitos adversos dos radicais livres<sup>(29)</sup>.

Em geral, em indivíduos saudáveis, a respiração nasal é comportável e mais eficiente para baixas intensidades de exercício físico quando comparada com a respiração oral<sup>(24)(25)</sup>.

No entanto a respiração oral torna-se mais eficiente para intensidades elevadas e máxima intensidade<sup>(25)(41)(17)(6)</sup>.

É preciso ter em atenção, que na prática, durante o exercício submáximo, a respiração nasal não dita a exclusão da respiração oral, podendo ambas complementarem-se.<sup>(25)</sup> Na maioria dos indivíduos normais durante o aumento da intensidade do exercício físico existe uma diminuição da contribuição nasal durante a respiração<sup>(4)(50)</sup>. Durante o exercício físico verificou-se, ainda, a existência de quatro padrões de respiração: nasal (exclusivamente nasal), oral (exclusivamente oral), nasal com mudança para oro-nasal e exclusivamente oro-nasal<sup>(19)</sup>.

## Conclusão

No desporto, através do “photo-finish”, o nariz pode literalmente significar a diferença entre o primeiro e o segundo lugar numa corrida<sup>(48)</sup>. No entanto a importância do nariz vai para além de um ponto proeminente, possuindo uma vasta evidência de funcionalidades e de benefícios<sup>(48)</sup>. Nos indivíduos saudáveis, o nariz é o principal ponto de entrada e o primeiro contacto com o ar inspirado<sup>(51)(48)(36)(3)</sup>.

O nariz para além de conduzir o fluxo de ar, influencia também as características do fluxo de ar através das estruturas anatómicas e das propriedades funcionais da mucosa e dos seus constituintes<sup>(39)</sup>. Das principais funções do nariz destacam-se a regulação e acondicionamento do fluxo de ar, filtração do ar, vigilância imunológica e a produção e libertação de óxido nítrico<sup>(39)</sup>.

Na maioria dos indivíduos saudáveis, com o aumento da intensidade do exercício físico, a respiração nasal tende a ser complementada pela respiração oral<sup>(43)(6)</sup>, existindo uma diminuição relativa da contribuição da respiração nasal<sup>(4)(50)</sup>.

Durante o exercício físico verifica-se um conjunto de alterações e de adaptações do nariz, tal como a diminuição da resistência nasal, que visam aumentar o volume aéreo nasal<sup>(43)(38)(8)(15)(30)</sup>.

Durante o exercício físico com intensidades submáximas, pelo menos para intensidades baixas (50%  $\text{VO}_{2\text{máx}}$ ) e moderadas (60-65%  $\text{VO}_{2\text{máx}}$ ), a respiração nasal demonstrou ser mais eficiente do que a respiração oral, sendo que para estas intensidades de exercício físico, o nariz é, ainda, capaz de desempenhar as suas funções<sup>(24)(25)(17)</sup>. Note-se, no entanto, que com o aumento da intensidade do exercício físico e da ventilação pulmonar, existe uma diminuição da capacidade e eficácia do acondicionamento do fluxo de ar<sup>(36)(12)</sup>.

Por outro lado, durante intensidades de exercício físico mais elevadas, inclusive máxima intensidade, a respiração oral demonstrou ser mais eficaz que a respiração nasal<sup>(25)(41)(17)(6)</sup>.

Através do treino e familiarização da respiração nasal sugere-se que é possível aumentar a eficiência da respiração nasal durante o exercício físico de intensidades mais

elevadas<sup>(18)(25)</sup>. No entanto urgem mais estudos sobre o efeito do treino da respiração nasal na eficiência da respiração nasal durante o exercício físico de intensidades elevadas.

A respiração nasal demonstrou ainda benefícios durante a recuperação pós-treino<sup>(29)(46)</sup>.

Em suma, a correta anatomia e fisiologia do nariz é essencial para a preparação e adequação do fluxo nasal de ar.



## Agradecimentos

Ao Dr. Marco Simão e Prof. Dr. Óscar Dias, pela atenção e disponibilidade,

À minha família e namorada, pelo apoio incondicional,

Aos meus grandes amigos, por serem grandes.

## Bibliografia

- (1). Alves, M., Baratieri, C., Nojima, L. I., Nojima, M. C., & Ruellas, A. C. (2011). Three-dimensional assessment of pharyngeal airway in nasal- and mouth-breathing children. *International Journal of Pediatric Otorhinolaryngology* , 75, 1195-1199.
- (2). Anatomy and Physiology of the Nasal Cavity (Inner Nose) and Mucosa. Acedido a 25 de março 2018, em: [myvmc.com/medical-centres/lungs-breathing/anatomy-and-physiology-of-the-nasal-cavity-inner-nose-and-mucosa/](http://myvmc.com/medical-centres/lungs-breathing/anatomy-and-physiology-of-the-nasal-cavity-inner-nose-and-mucosa/)
- (3). Baroody, F. M. (2011). How Nasal Function Influences the Eyes, Ears, Sinuses, and Lungs. *Proceedings of the American Thoracic Society* , 8, 53-61.
- (4). Bennett, W. D., Zeman, K. L., & Jarabek, A. M. (2003). Nasal contribution to breathing with exercise: effect of race and gender. *Journal of Applied Physiology*, 95, 497-503.
- (5). Caspersen, C. J., Powell, K. E., & Christenson, G. M. (1985). Physical Activity, Exercise, And Physical Fitness: Definitions And Distinctions For Health-related Research. *Public Health Rep.*, 100, 126–131
- (6). Chinevere, T., Faria, E., & Faria, I. (1999). Nasal splinting effects on breathing patterns and cardiorespiratory responses. *Journal of Sports Sciences* , 17, 443-447.
- (7). Coimbra, C., Ferreira, E., & Condé, A. (2014). Patologia obstrutiva respiratória em ORL e a performance desportiva. *Rev. Medicina Desportiva* , 5, 23-25.
- (8). Dallimore, N. S., & Eccles, R. (1977). Changes in Human Nasal Resistance Associated With Exercise, Hyperventilation and Rebreathing. *Acta Otolaryngologica*, 84, 416-421.
- (9). Dinardi, R. R., Andrade, C. R., & Ibiapina, C. C. (2017). Effect of the external nasal dilator on adolescent athletes with and without allergic rhinitis. *International Journal of Pediatric Otorhinolaryngology* , 97, 127-134.
- (10). Drake, R., Vogl, A., & Mitchell, A. (2009). *Grays Anatomy for Students*. 2ª Edição, Churchill Livingstone-ELSEVIER. Philadelphia
- (11). Eccles, R. (2000). Nasal Airflow in Health and Disease. *Acta Otolaryngologica*, 120, 580-595.
- (12). Elad, D., Wolf, M., & Keck, T. (2008). Air-conditioning in the human nasal cavity. *Respiratory Physiology & Neurobiology*, 163, 121-127.
- (13). Fisher, L. H., Davies, M. J., & Craig, T. J. (2005). Nasal Obstruction, the Airway, and the Athlete. *Clinical Reviews in Allergy and Immunology*, 29, 151-158.

- (14). Fitzpatrick, M., McLean, H., Urton, A., Tan, A., O'Donnell, D., & Driver, H. (2003). Effect of nasal or oral breathing route on upper airway resistance during sleep. *Eur Respir J*, 22, 827-832.
- (15). Fonseca, M. T., Machado, J. A. van P., Pereira, S. A., Pinto, K. M., & Voegels, R. L. (2005). Efeito do exercício físico sobre o volume nasal. *Rev. Bras. Otorrinolaringol.*, 72, 256-260.
- (16). Forsyth, R. D., Cole, P., & Shephard, R. J. (1983). Exercise and nasal patency. *Journal of Applied Physiology*, 55, 860-865.
- (17). Hall, R. L. (2005). Energetics of nose and mouth breathing, body size, body composition, and nose volume in young adult males and females. *Am. J. Hum. Biol.*, 17, 321-330.
- (18). Hostetter, K., McClaran, S. R., Cox, D. G., & Dallam, G. (2016). Triathlete adapts to breathing restricted to the nasal passage without loss in VO<sub>2</sub>max or VVO<sub>2</sub>max. *J Sport Hum Perf*, 4, 1-7.
- (19). James, D. S., Lambert, W. E., Mermier, C. M., Stidley, C. A., Chick, T. W., & Samet, J. M. (1997). Oronasal Distribution of Ventilation at Different Ages. *Archives of Environmental Health: An International Journal*, 52, 118-123.
- (20). Keck, T., & Lindemann, J. (2011). Numerical simulation and nasal air-conditioning. *German Society of Otorhinolaryngology, Head and Neck Surgery*, 9, 1-19.
- (21). Keck, T., Leiacker, R., Riechelmann, H., & Rettinger, G. (2000). Temperature Profile in the Nasal Cavity. *The Laryngoscope*, 110, 651-654.
- (22). Kinnear, W., & Blakey, J. (2014). A Practical Guide To The Interpretation Of Cardiopulmonary Exercise Tests. Oxford University Press. United Kingdom.
- (23). Kojima, T., Go, M., Takano, K.-ichi, Kurose, M., Ohkuni, T., Koizumi, J.-ichi, Kamekura, R., Ogasawara, N., Masaki, T., & Fuchimoto, J. (2013). Regulation of Tight Junctions in Upper Airway Epithelium. *BioMed Research International*, 2013, 1-11.
- (24). Lacombe, C. O. P. (2015). *Oral vs. Nasal Breathing during Submaximal Aerobic Exercise*. UNLV Theses, Dissertations, Professional Papers, and Capstones. Department of Kinesiology, University of Nevada, Las Vegas. 122 pp
- (25). Lacombe, C. O., Tandy, R. D., Ping Lee, S., Young, J. C., & Navalta, J. W. (2017). Oral versus Nasal Breathing during Moderate to High Intensity Submaximal Aerobic Exercise. *IJKSS*, 5, 1-8.
- (26). Lundberg, J. O. N., Rinder, J., Weitzberg, E., Alving, K., & Lundberg, J. M. (1997). Heavy physical exercise decreases nitric oxide levels in the nasal airways in humans. *Acta Physiol Scand*, 159, 51-57.

- (27). Lundberg, J. O. (2008). Nitric Oxide and the Paranasal Sinuses. *Anat Rec* , 291, 1479-1484.
- (28). Madaleno M. (2016). Obstrução nasal e o desporto. Trabalho final de Mestrado Integrado em Medicina. Faculdade de Medicina da Universidade de Lisboa. 38pp
- (29). Martarelli, D., Cocchioni, M., Scuri, S., & Pompei, P. (2011). Diaphragmatic Breathing Reduces Exercise-Induced Oxidative Stress. *Evidence-Based Complementary and Alternative Medicine* , 2011, 1-10.
- (30). McCaffrey, T. V., & Kern, E. B. (1979). Response of Nasal Airway Resistance to Hypercapnia and Hypoxia in Man. *Ann Otol Rhinol Laryngol* , 88, 247-252.
- (31). McKeown P. (2015). Shut your mouth. Acedido a 26 de março 2018, em: <http://buteykoclinic.com/wp-content/uploads/2016/07/Shut-Your-Mouth-Print-Ready.pdf>
- (32). Minderico, C., Federação portuguesa de desporto para pessoas com deficiência., Vilas-Boas, J.P., Pereira, J.G., Horta, L., Coelho, O., Cunha, P., Oliveira, R., Serpa, S., & Lima T. (2016). Fisiologia do exercício. Plano nacional de formação de treinadores. Manuais de formação - grau II. Edição Instituto Português do Desporto e Juventude. Lisboa. Acedido a 5 de março de 2018, em: [http://www.idesporto.pt/ficheiros/file/Manuais/GrauII/GrauII\\_06\\_Fisiologia.pdf](http://www.idesporto.pt/ficheiros/file/Manuais/GrauII/GrauII_06_Fisiologia.pdf)
- (33). Morton, A. R., King, K., Papalia, S., Goodman, C., Turley, K. R., & Wilmore, J. H. (1995). Comparison of maximal oxygen consumption with oral and nasal breathing. *Aust J Sci Med Sport*, 27, 51-55.
- (34). Müns, G. (1994). Effect of Long-Distance Running on Polymorphonuclear Neutrophil Phagocytic Function of the Upper Airways. *Int J Sports Med*, 15, 96-99.
- (35). Muto, T., Takeda, S., Kanazawa, M., Yamazaki, A., Fujiwara, Y., & Mizoguchi, I. (2002). The effect of head posture on the pharyngeal airway space (PAS). *International Journal of Oral and Maxillofacial Surgery* , 31, 579-583.
- (36). Naftali, S., Rosenfeld, M., Wolf, M., & Elad, D. (2005). The Air-Conditioning Capacity of the Human Nose. *Ann Biomed Eng*, 33, 545-553.
- (37). Okuro, R. T., Morcillo, A. M., Ribeiro, M. A., Sakano, E., Conti, P. B., & Ribeiro, J. D. (2011). Mouth breathing and forward head posture: effects on respiratory biomechanics and exercise capacity in children. *J Bras Pneumol.*, 37, 471-479.
- (38). Olson, L. G., & Strohl, K. P. (1987). The Response of the Nasal Airway to Exercise. *American Review of Respiratory Disease*, 135, 356-359.

- (39). Pohunek, P. (2004). Development, structure and function of the upper airways. *Paediatric Respiratory Reviews*, 5, 2-8.
- (40). Price, A., & Eccles, R. (2016). Nasal airflow and brain activity: is there a link?. *J. Laryngol. Otol.* , 130, 794-799.
- (41). Recinto, C., Efthymeou, T., Boffelli, P. T., & Navalta, J. W. (2017). Effects of Nasal or Oral Breathing on Anaerobic Power Output and Metabolic Responses. *International Journal of Exercise Science* , 10, 506-514.
- (42). Ruth, A. (2015). The health benefits of nose breathing. *Nursing in General Practice*, 40-42. Acedido a 25 de março 2018, em: <http://hdl.handle.net/10147/559021>
- (43). Sahin-Yilmaz, A., & Naclerio, R. M. (2011). Anatomy and Physiology of the Upper Airway. *Proceedings of the American Thoracic Society* , 8, 31-39.
- (44). Thomas, S. A., Phillips, V., Mock, C., Lock, M., Cox, G. and Baxter, J. (2009) The effects of nasal breathing on exercise tolerance. In: Chartered Society of Physiotherapy Annual Congress 2009, Liverpool conference centre, 16th and 17th October 2009. Acedido a 26 de março de 2018, em: <http://eprints.uwe.ac.uk/7545>
- (45). Timmons, B.H., & Ley, R. (1994). Behavioral and Psychological Approaches to Breathing Disorders. 1st ed. Springer.
- (46). Trevisan, M. E., Bouffleur, J., Soares, J. C., Haygert, C. J. P., Ries, L. G. K., & Corrêa, E. C. R. (2015). Diaphragmatic amplitude and accessory inspiratory muscle activity in nasal and mouth-breathing adults: A cross-sectional study. *Journal of Electromyography and Kinesiology* , 25, 463-468.
- (47). van Nieuw Ameronpn, A., Veerman, E. C., Brand, H. S., & Vissink, A. (2006). Saliva: more than just a factor in oral health. *Ned Tijdschr Tandheelkd.*, 113, 176-181.
- (48). Walker, A., Surda, P., Rossiter, M., & Little, S. (2016). Nasal function and dysfunction in exercise. *J. Laryngol. Otol.* , 130, 431-434.
- (49). Wever, C. (2016). The Nasal Airway: A Critical Review. *Facial Plast Surg* , 32, 17-021.
- (50). Wheatley, J. R., Amis, T. C., & Engel, L. A. (1991). Oronasal partitioning of ventilation during exercise in humans. *Journal of Applied Physiology* , 71, 546-551.
- (51). White, D. E., Bartley, J., & Nates, R. J. (2015). Model demonstrates functional purpose of the nasal cycle. *BioMed Eng OnLine* , 14, 1-11.
- (52). Yasuda, Y., Itoh, T., Miyamura, M., & Nishino, H. (1997). Comparison of exhaled nitric oxide and cardiorespiratory indices between nasal and oral

breathing during submaximal exercise in humans. *Jap J Physiol*, 47, 465-470.